



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 44 31 846 A 1**

51 Int. Cl. 6:  
**D 06 F 33/02**  
D 06 F 23/02  
H 02 P 7/00  
H 02 P 5/00  
G 01 M 1/38

21 Aktenzeichen: P 44 31 846.4  
22 Anmeldetag: 7. 9. 94  
43 Offenlegungstag: 14. 3. 96

DE 44 31 846 A 1

71 Anmelder:  
Ako-Werke GmbH & Co KG, 88239 Wangen, DE

74 Vertreter:  
Gaiser, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 90489 Nürnberg

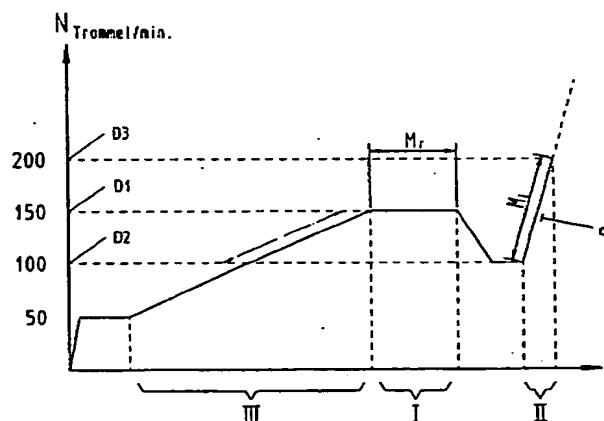
72 Erfinder:  
Weinmann, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 88339 Bad Waldsee, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	38 22 924 C1
DE	42 35 614 A1
DE	42 08 989 A1
DE	40 38 178 A1
DE	40 22 715 A1
DE	39 31 093 A1
DE	37 36 809 A1
DE	34 16 639 A1
DE	27 03 541 A1
DE	26 20 464 A1
GB	21 24 662 A
US	46 95 783
US	46 07 408

54 Verfahren zum beladungsabhängigen Steuern und/oder Regeln einer Waschmaschine oder eines Wäschetrockners

57 Bei einem Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Waschmaschine oder eines Wäschetrockners wird die jeweilige Beladung der Wäschetrommel (1) gemessen. Die Beladung soll erkannt werden, ohne daß sich die Maschinenreibung auf die Beladungsmessung wesentlich auswirkt. Bei beladener, wenigstens mit Anlegedrehzahl rotierender Wäschetrommel wird erstens das für das Aufrechterhalten einer konstanten Drehzahl vom Motor (4) aufzubringende Drehmoment ( $M_r$ ) und zweitens das bei einer Beschleunigung mit der Winkelbeschleunigung ( $a'$ ) der beladenen Wäschetrommel (1) sich ergebende Drehmoment ( $M_t$ ) ermittelt. Von einer Steuerelektronik (5) wird der Quotient aus dem Differenzwert der beiden Drehmomente ( $M_t$ ,  $M_r$ ) und der Winkelbeschleunigung ( $a'$ ) gebildet, der dem Massenträgheitsmoment der Trommel proportional ist und damit etwa proportional mit der Beladung der Trommel zunimmt. Aus dem Quotienten wird eine Stellgröße für die Steuerung abgeleitet.



DE 44 31 846 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 98 508 091/118

8/33

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Waschmaschine oder eines Wäschetrockners, insbesondere der Motordrehzahl, durch Messen der jeweiligen Beladung der von dem Motor angetriebenen Wäschetrommel.

Bei einem Verfahren nach der DE 42 35 614 A1 zur Ermittlung der Unwucht der beladenen Trommel an der Waschmaschine erfolgt nach einer Wäscheverteilphase, vor einem Schleudergang, eine Unwuchtmessung. Um auch die Beladung der Wäschetrommel zu erfassen, wird nach der Wäscheverteilphase die Solldrehzahl sprunghaft erhöht. Das Überspringen der Istdrehzahl über die Solldrehzahl wird gemessen und daraus wird ein Korrekturwert für die Unwuchtmessung ermittelt.

In der DE 40 38 178 A1 erfolgt eine Unwuchtmessung unabhängig von der Beladung der Wäschetrommel. Zunächst wird die relative Unwucht und dann die Trägheit der Waschtrommel gemessen.

Nach dem Verfahren der DE 34 16 639 A1 wird in einer Hochlaufphase der Wäschetrommel die Unwucht und die für die Hochlaufphase benötigte Zeit gemessen. In einem Festwertspeicher sind die das Schleudern beeinflussenden Daten für Beladungsmenge, Versorgungsspannung und Unwucht abgelegt.

Bei den bekannten Verfahren werden beispielsweise alterungsbedingte Veränderungen der Trommellagerung der Waschmaschine nicht berücksichtigt.

Zur Optimierung des Wasch- oder Trockenvorgangs ist es vorteilhaft, wenn die Steuerelektronik die jeweilige Beladung der Trommel erkennt, denn dann lassen sich verfahrenstechnische Größen, wie Wasserfüllung, Waschmittelzufuhr, Drehzahlen und zeitliche Schaltvorgänge auf die jeweilige Beladung abstimmen. Damit sind bei optimalen Waschergebnissen Ersparnisse möglich.

Bei der Rotation der Trommel treten aufgrund der möglichen Unwucht der Wäscheverteilung Reibungen im Lager der Trommel auf; außerdem treten auch durch Schaumbildung oder sonstige Einflüsse, beispielsweise alterungsbedingte Verschleißerscheinungen, zusätzliche Reibungskoeffizienten auf. Diese Erscheinungen lassen sich unter dem Begriff "Maschinenreibung" zusammenfassen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem die jeweilige Beladung der Trommel erkannt wird, ohne daß sich die Maschinenreibung auf die Beladungsmessung wesentlich auswirkt.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe dadurch gelöst, daß bei beladener, wenigstens mit der Anlegedrehzahl rotierender Wäschetrommel erstens das für das Aufrechterhalten einer konstanten Drehzahl vom Motor aufzubringende Drehmoment und zweitens das bei einer Beschleunigung der beladenen Wäschetrommel sich ergebende Drehmoment des Motors ermittelt werden, daß von einer Steuerelektronik der Quotient aus dem Differenzwert dieser beiden Drehmomente und der Winkelbeschleunigung der Trommel gebildet wird, wobei dieser Quotient dem Massenträgheitsmoment der Trommel etwa proportional ist und in etwa proportional mit der Beladung zunimmt, und daß aus diesem Quotienten eine Stellgröße für die Steuerung gebildet wird.

Damit ist die jeweilige Beladung der Trommel erfaßt, wobei die Maschinenreibung nicht in das Ergebnis der Beladungsmessung eingeht.

Die Ermittlung der beiden Drehmomente bei wenigstens der Anlegedrehzahl, d. h. der Drehzahl, bei der die

Wäsche innen am Trommelumfang anliegt, erfolgt, damit sich zwischen den beiden Drehmomentmessungen die Wäscheverteilung nicht ändert.

Vorzugsweise werden die beiden Drehmomente in einem engbegrenzten Drehzahlbereich, beispielsweise zwischen 80 U/min und 200 U/min ermittelt, weil sich dann die Maschinenreibung höchstens wenig ändert.

Aus dem Differenzwert der beiden Drehmomente sowie der Winkel-Beschleunigung läßt sich eine Steuergröße für die Begrenzung der maximalen Schleuderdrehzahl ermitteln. Ebenso läßt sich auch eine Steuergröße für die Wasserfüllung der Wäschetrommel oder die Waschmittelzufuhr oder andere beladungsabhängig optimierbare Funktionen ableiten.

Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung des jeweiligen Drehmoments durch Messung des jeweiligen Arbeitspunkts (Speisegröße, Speisespannung, elektrische Leistungsaufnahme, Frequenz, und Istdrehzahl) des Motors bzw. des Antriebs. Der jeweilige Arbeitspunkt wird mit einer in einem Festwertspeicher abgelegten Motor-kennlinie des betreffenden Motors oder Wirkungsgrad-kennlinien des betreffenden Antriebs verglichen, aus der sich das jeweilige Drehmoment im Arbeitspunkt ergibt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 ein physikalisches Modell einer mit Anlegedrehzahl rotierenden Trommel mit an ihrem Umfang anliegender Wäsche,

Fig. 2 einen Waschmaschinenaufbau schematisch und Fig. 3 ein Drehzahldiagramm.

In einer wenigstens mit Anlegedrehzahl rotierenden Wäschetrommel (1) liegt am Umfang Wäsche an. Diese bildet einerseits eine gleichmäßig am Umfang verteilte Grundlast (mg) und andererseits zonal eine Unwuchtmasse (mu). Am Trommellager (2) tritt aufgrund der Unwuchtmasse (mu) eine Zentrifugalkraft (Fz) auf. Die Zentrifugalkraft (Fz) ist unabhängig von der Grundlast (mg). Auf die Unwuchtmasse (mu) wirkt die Gravitationskraft (Fg). Je nach der momentanen Lage der Unwuchtmasse (mu) in der rotierenden Trommel (1) führt die Gravitationskraft (Fg) zu einer positiven oder negativen Beschleunigung der Trommel (1). Die Winkelbeschleunigung (a') der rotierenden Trommel (1) aufgrund der Gravitationskraft (Fg) ist proportional zur Unwuchtmasse (mu) und umgekehrt proportional zur Summe aus Grundlast (mg) und Unwuchtmasse (mu). Es gilt:

$$Fz = mu \times w^2 \times r \quad (\text{Gleichung 1}),$$

wobei w die Winkelgeschwindigkeit der rotierenden Trommel (1) und r der Abstand zwischen der Drehachse und der Unwuchtmasse (mu) ist.

$$a \text{ ist proportional } mu/(mg + mu) \quad (\text{Gleichung 2}).$$

Bei Schleuderbetrieb muß die maximale Winkelgeschwindigkeit (W) entsprechend einer vorhandenen Unwucht (mu) reduziert werden, um zu verhindern, daß die Trommellagerung (2) aufgrund einer zu großen Zentrifugalkraft (Fa) Schaden nimmt.

Bei bekannten Verfahren zur Unwuchtmessung wird die Winkelbeschleunigung (a') der Trommel (1) aufgrund der auf die Unwuchtmasse (mu) wirkenden Gravitationskraft (Fg) ausgewertet. Die Unwuchtmasse (mu) und damit die Zentrifugalkraft (Fz) kann dabei nur bei bekannter Grundlastmasse (mg) ermittelt werden.

Da bei bekannten Verfahren die Grundlastmasse (mg) und damit die Beladung der Trommel (1) nicht ermittelt wird, muß dort bei der Ermittlung der Unwuchtmasse ( $\mu$ ) über die Gravitationskraft ( $F_g$ ) von einer vollbeladenen Trommel (1) ausgegangen werden. Dadurch wird bei einer Teilbeladung der Trommel (1) eine zu große Unwucht ermittelt, was zur Folge hat, daß bei einer Teilbeladung der Trommel (1) bei Unwucht nicht die maximal mögliche Schleuderdrehzahl eingestellt wird. Typischerweise ist die Winkelbeschleunigung der Trommel (1) aufgrund der Gravitationskraft ( $F_g$ ) der Unwuchtmasse ( $\mu$ ) und damit der Unwuchtmesswert bei einer gering beladenen Trommel (1) je nach dem Massenträgheitsmoment der leeren Trommel (1) mindestens doppelt so groß wie bei einer vollbeladenen Trommel (1).

Die Wäschetrommel (1) wird über einen Riementrieb (3) von einem Motor (4) angetrieben (vgl. Fig. 2). Eine Steuerelektronik (5) regelt bzw. steuert über einen Leistungshalbleiter (6) die dem Motor (4) aus dem Netz (7) zugeführte Spannung ( $U$ ), wenn der Motor (4) ein Wechselstrom-Universalmotor oder ein Gleichstrom-Universalmotor ist. Wenn der Motor (4) eine Drehfeldmaschine, beispielsweise ein Drehstrommotor, ist, wird er über einen von der Steuerelektronik (5) gesteuerten Frequenzumrichter mit der Frequenz ( $f$ ) gespeist. In jedem Fall steuert die Steuerelektronik (5) die Drehzahl des Motors (4) bzw. der Wäschetrommel (1).

Über einen Tachogenerator erfaßt ein Mikroprozessor (8) die Ist-drehzahl ( $N$ ) des Motors (4) bzw. der Wäschetrommel (1).

In einem Festwertspeicher (ROM) der Steuerelektronik (5) ist die Motorkennlinie des jeweiligen Motors oder die Wirkungsgradkennlinie des elektrischen Antriebs abgelegt.

Aus der Speisespannung ( $U$ ) bzw. der Speisefrequenz ( $f$ ) und der Ist-drehzahl ( $N$ ) des Motors (4) ergibt sich dessen jeweiliger Arbeitspunkt. Durch den Vergleich des jeweiligen Arbeitspunktes mit der gespeicherten Motor-Kennlinie ermittelt der Mikroprozessor (8) das jeweilige Drehmoment. Oder aus der momentanen aus dem Netz (7) aufgenommenen elektrischen Leistung des Antriebs und der Ist-drehzahl ( $N$ ) ermittelt der Mikroprozessor (8) über die gespeicherte Wirkungsgradkennlinie des Antriebs das momentane Drehmoment

$$M = P_n / 2 \pi N = e P_{el} / 2 \pi N$$

wobei

$M$ : Drehmoment

$P_n$ : mechanische Leistung

$N$ : Drehzahl

$P_{el}$ : elektrische Leistung

$e$ : Wirkungsgrad des elektrischen Antriebs

$$e = f(N, (U, \dots))$$

Der Wirkungsgrad ist außer von der Drehzahl je nach Antriebsart noch von Speisegrößen für den Motor abhängig und wird vorzugsweise in Form von drehzahlabhängigen Kennlinien im Festwertspeicher abgelegt.

Die Steuerelektronik (5) steuert den Motor (4) beispielsweise nach einem Drehzahlprofil entsprechend Fig. 3. Innerhalb einer Zeitspanne I, in der die Trommel (1) mit konstanter Drehzahl ( $D1$ ) oberhalb der Anlegedrehzahl rotiert, wird das Drehmoment ( $M_r$ ) in der beschriebenen Weise ermittelt. Es ist dies dasjenige Drehmoment, das der Motor zur Überwindung der Maschi-

nenreibung bei konstanter Drehzahl aufbringen muß. In einer Zeitspanne II, in der die Trommel von einer Drehzahl ( $D2$ ) auf eine Drehzahl ( $D3$ ) beschleunigt wird, wird das dabei am Motor (4) auftretende Drehmoment ( $M_t$ ) in der beschriebenen Weise ermittelt. Auch die Drehzahlen ( $D2$ ,  $D3$ ) liegen oberhalb der Anlegedrehzahl, wobei die Drehzahlen ( $D1$ ,  $D2$ ,  $D3$ ) möglichst nahe beieinander liegen. Der Mikroprozessor (8) ermittelt die Drehmomente ( $M_r$ ,  $M_t$ ) sowie die Winkelbeschleunigung ( $a'$ ). Das Drehmoment ( $M_t$ ) ist um das Beschleunigungsdrehmoment ( $M_b$ ) aufgrund des Massenträgheitsmoments ( $J$ ) der rotierenden Trommel (1) größer als das Drehmoment ( $M_r$ ).

Der Mikroprozessor (8) bildet die Differenz zwischen dem Drehmoment ( $M_t$ ) und dem Drehmoment ( $M_r$ ), wobei

$$M_b = M_t - M_r$$

ist.

Aus dieser Differenz der beiden ermittelten Drehmomente sowie der Winkelbeschleunigung ( $a'$ ) der Trommel berechnet der Mikroprozessor (8) das Massenträgheitsmoment ( $J$ ) der rotierenden Trommel (1) nach:

$$J = M_b / a' \quad (a' = \text{Winkelbeschleunigung}) \quad (\text{Gleichung 3}).$$

Das Massenträgheitsmoment ( $J$ ) der Trommel nimmt in etwa proportional mit der Beladung zu. Die Beladung der Trommel (1) steht damit der Steuerelektronik (5) zur Verfügung, in der mit Hilfe einer im Festwertspeicher hinterlegten Kennlinie der Zusammenhang zwischen dem Rechenwert des Mikroprozessors (8) für das Massenträgheitsmoment ( $J$ ) und der Beladung der Trommel hergestellt wird oder der Mikroprozessor nach folgender Gleichung die Beladung berechnet:

$$J_B = (M_b / a') - J_{leer}$$

$J_B$ : Massenträgheitsmoment der Wäsche in Bezug auf die Drehachse der Trommel (1)

$J_{leer}$ : Massenträgheitsmoment der leeren Trommel (1) in Bezug auf die Drehachse derselben,

so daß sie dementsprechend das Hochlaufen der Drehzahl der Trommel (1) bis zu einer optimalen Schleuderdrehzahl steuern kann, oder auch andere beladungsabhängige Größen der Steuerung der Maschine beeinflussen kann.

Es kommt nicht darauf an, daß die Zeitspanne II nach der Zeitspanne I liegt. Die Zeitspanne II kann auch vor der Zeitspanne I liegen.

In einer Zeitspanne III, in der die Trommeldrehzahl hochläuft, kann ein Unwuchtmesswert ermittelt werden. Dieser Unwuchtmesswert kann zunächst unabhängig von der Beladung ermittelt werden. Nach der Ermittlung der tatsächlichen Beladung in der beschriebenen Weise läßt sich dieser Unwuchtmesswert im Hinblick auf die im Einzelfall einzustellende optimale Schleuderdrehzahl korrigieren.

Bei der beschriebenen Einrichtung kann zusätzlich auch der Strom des Motors (4) gemessen werden. Damit läßt sich beispielsweise der Einfluß der jeweiligen Motortemperatur auf das Meßergebnis ausgleichen.

Motore, die aus einer gleichgerichteten Zwischenkreisspannung gespeist werden, sind beispielsweise Drehstrommotore mit Frequenzumrichter oder Gleichstrom-Universalmotore mit Tiefsetzsteller (Chopper).

Bei diesen bildet ein Zwischenkreiskondensator zumindest im Bereich des Netznulldurchganges die einzige Energiequelle. Durch fortlaufendes Messen des Zwischenkreisspannungsverlaufs, an der ihrem Wert nach bekannten Kapazität, wird die elektrische Leistungsaufnahme  $P_{el}$  aus dem Produkt aus Spannung und Strom ermittelt. Der Strom wird vorzugsweise aus dem Produkt aus Spannungsgradient am Zwischenkreiskondensator während des Netznulldurchganges und dessen bekannter Kapazität berechnet. Es gilt dabei folgende Formel:

$$P_{el} = UC_{\text{zwischen}} du/dt.$$

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und/oder Regelung einer Waschmaschine oder eines Wäschetrockners, insbesondere der Motordrehzahl, durch Messen der jeweiligen Beladung der von dem Motor angetriebenen Wäschetrommel, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei beladener, wenigstens mit der Anlegedrehzahl rotierender Wäschetrommel (1) erstens das für das Aufrechterhalten einer konstanten Drehzahl vom Motor (4) aufzubringende Drehmoment ( $M_r$ ) und zweitens das bei einer Beschleunigung der beladenen Wäschetrommel (1) sich ergebende Drehmoment ( $M_t$ ) des Motors (4) ermittelt werden, daß von einer Steuerelektronik (5) der Quotient aus dem Differenzwert ( $M_b$ ) dieser beiden Drehmomente ( $M_t$ ,  $M_r$ ) und der Winkelbeschleunigung ( $a'$ ) der Trommel (1) gebildet wird, wobei dieser Quotient dem Massenträgheitsmoment ( $J$ ) der Trommel (1) etwa proportional ist und in etwa proportional mit der Beladung zunimmt, und aus diesem Quotienten eine Stellgröße für die Steuerung gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Drehmomente ( $M_r$ ,  $M_t$ ) sowie die Winkelbeschleunigung ( $a'$ ) in einem engbegrenzten Drehzahlbereich ermittelt werden, der wesentlich unterhalb einer Schleuderdrehzahl liegt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Quotienten eine Steuergröße für die Begrenzung der maximalen Schleuderdrehzahl ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Quotienten eine Steuergröße für die Wasserfüllung der Wäschetrommel (1) und/oder die Waschmittelzufuhr abgeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des jeweiligen Drehmoments durch Bestimmung des jeweiligen Arbeitspunkts ( $U$ ,  $f$ ,  $N$ ) des Motors (4) erfolgt und der jeweilige Arbeitspunkt mit einer in einem Festwertspeicher abgelegten Motorkennlinie verglichen wird, aus der sich das jeweilige Drehmoment im Arbeitspunkt ergibt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die momentane elektrische Leistungsaufnahme des Antriebs gemessen wird und zusammen mit der Istdrehzahl über die im Festwertspeicher hinterlegten Wirkungsgradkennlinie das momentane Drehmoment ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 bei einem Motor, der als Drehfeldmaschine, beispielsweise Drehstrom-

motor, ausgebildet und über einen Frequenzumrichter gespeist wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des Drehmoments dadurch erfolgt, daß aus der Drehfeldfrequenz ( $f$ ), Speisespannung ( $U$ ) und der Istdrehzahl ( $N$ ) der jeweilige Arbeitspunkt des Motors (4) erfaßt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5 bei einem Wechselstrom- oder Gleichstrom-Universalmotor, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des jeweiligen Drehmoments dadurch erfolgt, daß die Steuerelektronik (5) die jeweilige Betriebsspannung ( $U$ ) des Motors (4) und die Istdrehzahl ( $N$ ) des Motors (4) mißt und dadurch den Arbeitspunkt erfaßt.

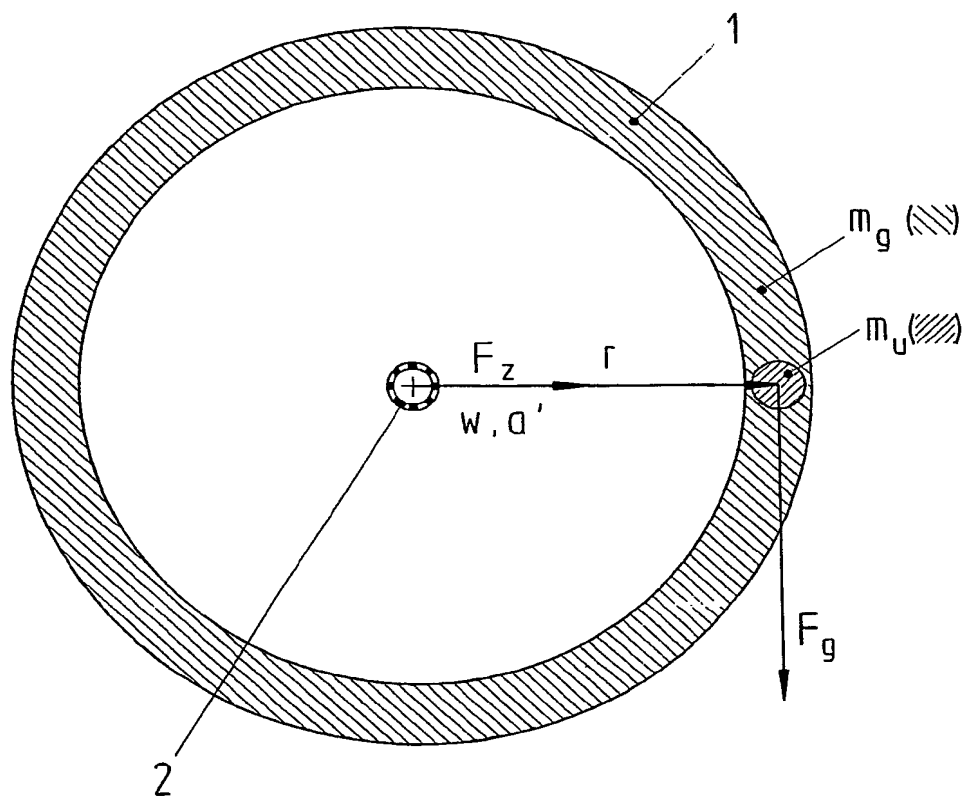
9. Verfahren nach Anspruch 6 bei Motoren, die aus einer gleichgerichteten Zwischenkreisspannung gespeist werden und deren Zwischenkreiskondensator zumindest im Bereich des Netznulldurchganges die einzige Energiequelle des Antriebs bildet, dadurch gekennzeichnet, daß durch fortlaufendes Messen des Zwischenkreisspannungsverlaufs an der bekannten Kapazität die elektrische Leistungsaufnahme ermittelt wird, indem das Produkt aus Spannung und Strom gebildet wird, wobei sich der Strom vorzugsweise durch das Produkt aus Spannungsgradient am Zwischenkreiskondensator während des Netznulldurchganges und dessen bekannten Kapazität berechnet.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Motorstrom gemessen wird, um z. B. temperaturbedingte Einflüsse auf das Motordrehmoment auszugleichen, oder daß der Motorstrom anstelle einer anderen physikalischen Größe zur Drehmomentbestimmung gemessen wird.

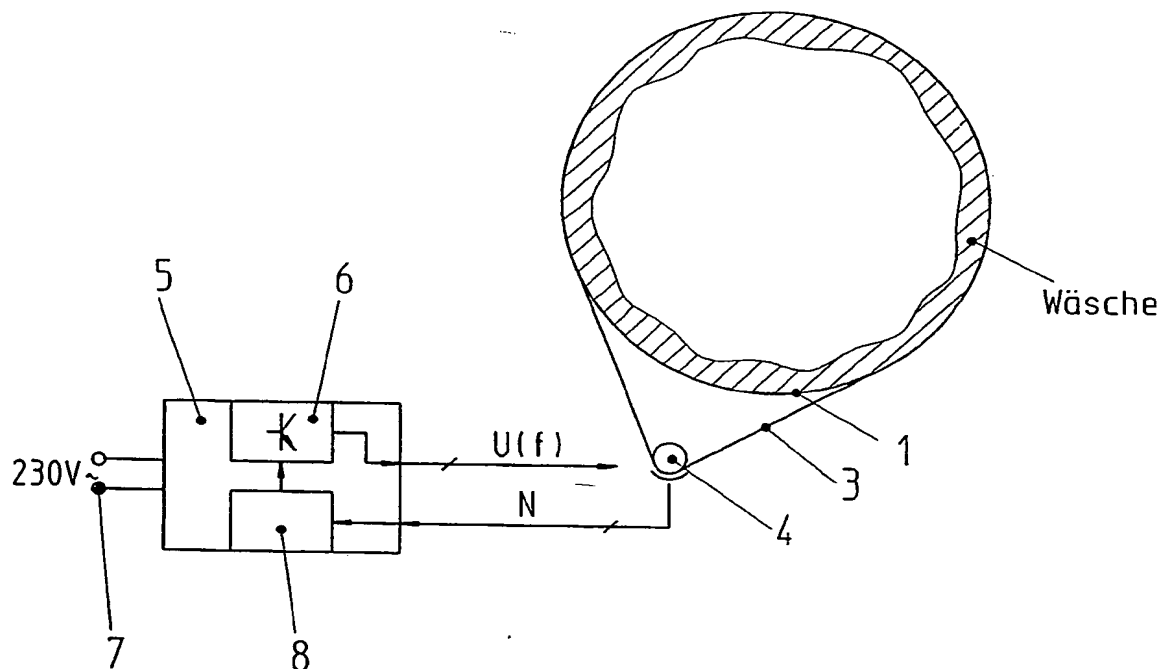
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Unwuchtmessung erfolgt und diese durch die belastungsabhängige Stellgröße korrigiert wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

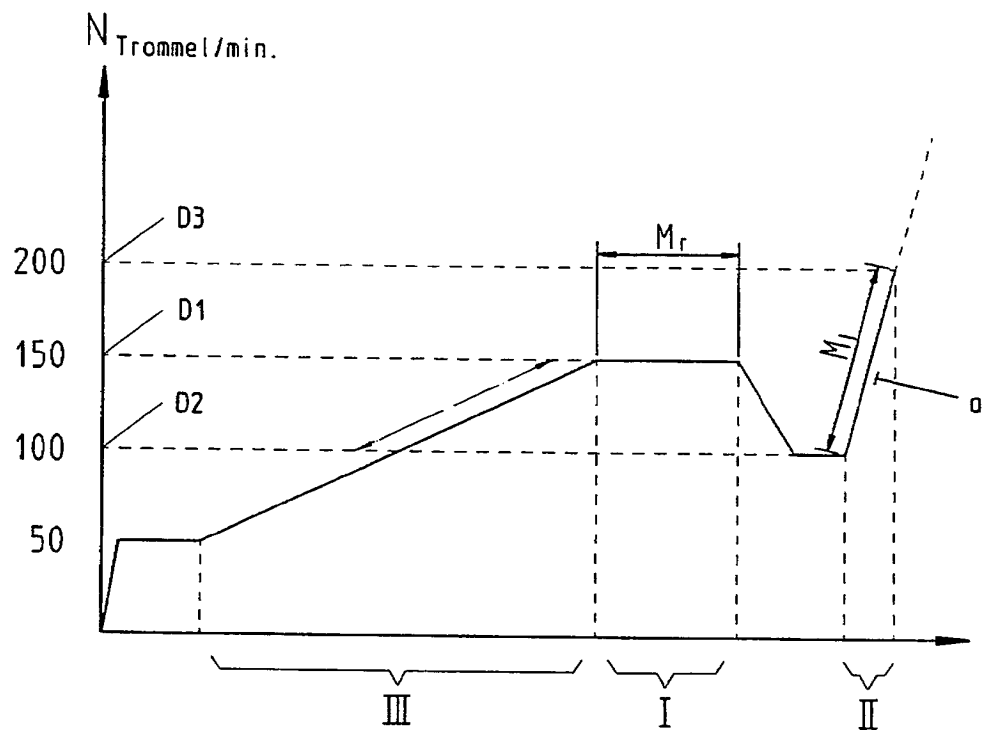
- Leerseite -



Figur 1



Figur 2



Figur 3





THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # PSC- 199  
Applic. # 10 / 695, 369  
Applicant: Weinmann

Lerner Greenberg Steiner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101